

学校编码: 10384

分类号_____密级 _____

学 号: 200228037

UDC_____

厦 门 大 学
硕 士 学 位 论 文

GIS 软件系统的研究与实现

The Research and Implementation of GIS Software

肖 震

指导教师姓名: 陈辉煌 教授

洪景新 高工

专 业 名 称: 计算机应用技术

论文提交日期: 2005 年 5 月

论文答辩日期: 2005 年 月

学位授予日期: 2005 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2005 年 6 月

目 录

目 录	1
第 1 章 绪论	1
1.1 GIS 的发展、现状和趋势	1
1.1.1 学科融合和 GIS 内涵发展	1
1.1.2 通用 GIS 的软件模块	2
1.1.3 地理信息系统的设计	3
1.2 计算机图形学当前的研究热点	4
1.3 本系统概述	5
1.4 论文的结构安排	8
第 2 章 GIS 软件系统 MapInfo 概述	9
2.1 MapInfo 简介	9
2.2 MapInfo 技术特点	9
2.3 地图图层	10
2.4 mif/mid 的文件结构 ^[11]	11
2.4.1 MIF 文件头	11
2.4.2 MIF 图元数据	12
2.4.3 MID 文件	14
第 3 章 GIS 软件系统设计及实现	16
3.1 GIS 软件系统的功能设计	16
3.1.1 地图数据导入	16
3.1.2 地图数据显示	17
3.1.3 新增图元修改	18
3.1.4 地图资料更新	19
3.1.5 地图数据导出	19
3.2 GIS 软件系统的数据结构设计	19
3.2.1 图号	20
3.2.2 文件头信息	21
3.2.3 道路描述	22
3.2.4 区域描述	25
3.3 GIS 软件系统的应用设计	28
3.4 GIS 软件系统的实现	29
第 4 章 多边形裁剪算法及改进	32
4.1 裁剪算法基础	32
4.1.1 基本概念和定义	32
4.1.2 二维裁剪	33
4.1.3 内裁剪和外裁剪	34
4.2 多边形裁剪算法[19]	35
4.2.1 Sugherland-Hodgeman 算法	35
4.2.2 Weiler-Atherton 算法	38
4.3 算法完善	45
4.3.1 新算法的基本思想	46

4.3.2	新算法的数据结构	50
4.3.3	运用包围盒进行预处理	52
4.3.4	线段（射线、直线）的参数方程求交点	53
4.3.5	算法比较	58
第 5 章	其他相关算法	61
5.1	判断多边形方向的快速算法	61
5.2	道路轮廓生成算法	61
5.3	边缘越界修整	67
5.4	多边形边界点修整	67
第 6 章	结束语	69
6.1	论文小结	69
6.2	创新性	69
6.3	不足与进一步研究方向	69
参考文献	.....	71
摘要	.....	74
The Research and Implementaion of GIS Software	.....	75
Abstract	.....	75
致谢	.....	77

第1章 绪论

空间和时间是自然万物与社会现象的两个基本参照系，任何事物、任何现象都离不开这两个基本参照系。换言之，空间坐标与时间刻度是标识自然万物与社会现象的身份证。而地理系统，正是指在某一个特定的时间和特定的空间内，由两个以上的相互区别又相互联系、相互制约的地理要素或过程组成的，并具有特定功能和行为，与外界环境相互作用，并能自动调节和具有自组织功能的整体。地理系统可以用数学形式描述为： $S = \{ \Omega, T, R \}$ 。其中 $\Omega = \{ x_1, x_2, x_3, \dots, x_n \}$ 表示系统中 n 个不同类型地理要素的集合；其中 $T = \{ t_1, t_2, t_3, \dots, t_m \}$ 表示系统所处的 m 个不同时间（时刻或时段）； R 表示系统中个地理要素之间的相互联系与相互制约关系^[1]。

1.1 GIS 的发展、现状和趋势

1.1.1 学科融合和 GIS 内涵发展

地理系统主要涉及地球表层空间。按照层次划分，可以分为岩石圈、水圈、生物圈、大气圈和电离层，它们之间在空间上有交叉。传统的 GIS 所涉及的范围主要在岩石圈和大气圈之间，即地球的表面，也就是传统地理学所研究的范畴。而自 20 世纪 70 年代以来，随着航天技术的迅猛发展，全球定位系统（Global Positioning System, GPS）、摄影测量（Photogrammetry）和遥感技术（Remote Sensing, RS）所获取的数据逐渐成为 GIS（Geographical Information System）的重要数据源。与此同时，随着计算机技术和 GIS 技术的迅猛发展，GIS 气象、地学等涉及全球变化或地下工程（如矿山、地质、隧道）领域的应用不断扩展，GIS 所涉及的范围已经向上进入大气层及地球的外层空间（包括电离层），向下进入地球内部（岩石圈层之内，地表以下 0~10km）。

显然，这已经远远超出传统地理学和地理信息系统的研究范畴。1992

年，Good-child 提出了地理信息科学（Geographical Information Science）的概念，认为 GIS 已不仅仅是一个技术实现，而是与计算机技术、地理学、测绘学密切相关的一门科学。钱学森（1994）、马霭乃（1996，2003）也曾精辟地指出：地理科学是自然科学与社会科学的桥梁，地理信息科学这门以高新技术武装的技术科学的发展，带动了整个地理科学的建立与发展；地理信息科学的主要内容就是天地信息一体化网络系统，是信息社会的重要支柱之一。

学科的融合和交叉极大地推动了 GIS 的发展，丰富了 GIS 的学科内涵，包括地理空间信息认知、获取、表达、处理、共享、可视化、传输、使用等的基础理论与技术方法。

从 1964 年至今的 40 多年中，地理信息系统的发展经历了空间信息管理阶段、模型化发展阶段、支持区域空间结构演变的预测和模拟深层次阶段以及支持区域系统空间结构结构优化和调空的空层次阶段

进入二十一世纪，随着计算机技术的发展，信息时代的到来，地理信息系统技术、产业、学科、工程得到了迅速的发展，同时地理信息系统也面临许多制约起发展适应信息时代的新问题。所以当前 GIS 主要的基础理论和技术研究热点又有了新的变化，可以说这些研究热点的解决代表了地理信息系统研究的发展趋势，归纳一下主要有：面向对象 GIS 的研究、数据质量问题、3D GIS 的研究、GIS 时空系统研究、地理信息系统建模系统、互操作地理信息系统、组件化 GIS、WebGIS、CyberGIS、多媒体可视化与虚拟 GIS（VGIS）、集成化 GIS、数字地球。^[1,2]

1.1.2 通用 GIS 的软件模块

传统的地理信息系统（Geography Information System）简称 GIS，是一种采集、存储、管理、分析、显示与应用地理信息系统的计算机系统，是分析与处理海量地理数据的通用技术。更严格的说，GIS 是以数字化的形式反

映人类社会赖以生存的现实世界的现势和变迁的各种数据，以及描述这些空间数据特征的属性；以模型化的方法来模拟地理信息系统空间研究对象的行；在计算机软件、硬件的支持下，以特定的格式支持输入/输出、存储、显示，以及进行地理信息查询、综合地学分析、辅助决策的有效工具。

通常的 GIS 软件系统包含 GIS 运行所必需的各种程序，它们构成 GIS 的核心部分，关系到 GIS 的功能。这些软件通常是由两大部分组成的，一是计算机系统软件；二是 GIS 系统软件和其他 GIS 应用软件。按照 GIS 对数据进行采集、加工、存储管理、分析查询、显示再现和与用户接口，可将 GIS 软件系统中与用户有关的软件分为几种软件模块，如图 1-1 所示。^[3]

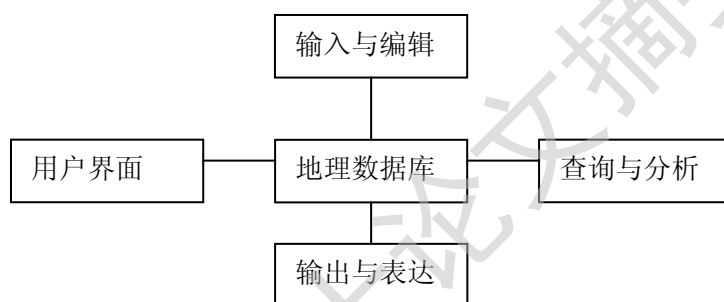


图 1-1 GIS 系统软件模块

1.1.3 地理信息系统的设计

由于系统目标的不同以及所用数据的性质和系统功能的不同，地理信息系统设计的内容也有很大的差异，但其根本任务是将系统分析阶段提出的逻辑模型转化为相应的物理模型。一般而言，在系统设计阶段可以根据所研究对象的不同分成三部分进行设计。首先应根据系统研制目标，确定系统必须具备的空间操作功能，称为功能设计又称为系统的总体设计。通常可以采用模块化程序设计方法；其次是对数据分类和编码的处理，完成空间数据的存储和管理，称为数据库设计，含有数据采集设计、数据结构设计、数据存储和检索设计等；最后是建立系统的应用模型和产品的输出，称为应用设计。

1.2 计算机图形学当前的研究热点

GIS 要展现给人们它的内容，自然离不开图形系统，与计算机图形学（Computer Graphics）密不可分。计算机图形学是研究怎样用计算机生成、处理和显示图形的一门科学。近 20 多年来，计算机图形学已成为计算机科学中最主要的分支之一。

计算机图形技术所包含的内容在不断地增加，目前所包含的主要内容有：最基本的直线与曲线的生成（绘制）和裁剪、隐藏线与隐藏面的消除，以及目前图形学领域中的热点研究的内容，包括真实感显示技术，虚拟现实技术，动画与仿真技术，科学计算可视化技术，及三维重建技术，还有建模与绘制技术等。图形技术的应用也是当前的研究热点之一，例如图形技术在影视方面的应用、开发系统集成式的应用图形软件以及图形硬件技术及产品的开发等。这些实用技术是目前计算机图形学方面研究的活跃领域。

由于这些新技术出现的时间短，不够完善，并且具有很重要的应用价值，所以受到国内外许多学者的重视并不断有新的研究成果面世。而对于直线和曲线的绘制和裁剪等这些计算机图形学的基础部分自从 60 年代初 Sutherland 提出计算机图形学的概念时就开始得到长期的研究。目前对于这类基础研究的文章比较少，但这并不意味着这样的研究不重要。在一个图形应用或图形软件中要大量重复调用这些基础算法，因此在这方面的任何进步都会对整个图形系统产生很大的影响。计算机图形学的基础算法经过人们几十年的研究，已比较成熟。要在其中取得创新性的成果有比较大的难度。但每一个微小的进步对解决图形技术所面临的存储、传输、显示等问题都有很大的帮助。

对裁剪算法的研究目前最成熟的是矩形窗口的直线段裁剪。在这方面已出现了许多优秀的算法，如中点分割算法^[5]、梁——Barsky 算法^[6]、Nicholl-Lee-Nichill 算法^[7]等。本世纪初期，M\Dorr 综合 Sutherland-Cohen 编码方法和直线的参数表示法提出了一个只用整数运算来计算整数交点的线

裁剪算法^[8]，使裁剪速度得到了提高。除了矩形裁剪窗口的线裁剪算法之外，还出现了一些对于多边形窗口的直线或多边形裁剪算法^[9]。这类算法由于比较复杂尚有发展的余地，尤其是凹多边形窗口的裁剪算法中还没有发现构思巧妙，结构简单且计算量小的优秀算法。

1.3 本系统概述

基于台湾松下提出的《导航系统用市街地图资料编辑工具》的软件需求，本 GIS 软件系统旨在提供一种简便、快速、有效的方式，更新地图数据，以取代目前更新地图数据的方式。

地图原始数据资料通过向第三方购买的方式得到，当地图资料中有新增、修改的部分时，必须对原地图数据进行更新。地图资料中新增或修改的部分通过 GPS 导航技术直接生成相关数据（.TXT 文件），我们在这里统称之为道路中心线地图数据，它不仅仅包含新增道路描述数据，还有新增的区域描述数据，例如新增建筑物之类的就将用区域描述数据来表示。

原有更新地图数据的方式就是通过 MapInfo 来实现。以 MapInfo 地图转换工具将（.MIF/.MID）格式的地图文件转换成（.TAB）文件格式，然后直接用 MapInfo 打开。MapInfo 可以同时打开多个不同的图层文件，并且以迭加的方式显示，从而实现各图层的整合，得到最完整的地图信息。MapInfo 加载地图信息后，加载相同格式的道路中心线地图数据，以人工验证方式确认道路中心线数据与原地图数据之间的差异处，再以手动编辑方式，将差异处在地图数据中修改并保存，从而实现了更新地图数据。图 1-2 为目前所用的人工更新地图数据流程图。

采用人工方式更新地图数据，有以下一些缺点：

- (1) 必须通过操作人员非常仔细的比较，才能定位新增的地图图元；
- (2) 没有历史数据的管理，无法确认地图道路中心线数据在地图中是否已

完成图元的添加；

(3) 必须依照道路中心线数据对每一个图层逐个进行手工修改；

(4) 当涉及到很多图层，新增道路跨度非常大的时候，必须付出非常的人力和时间，才能完成地图的更新。

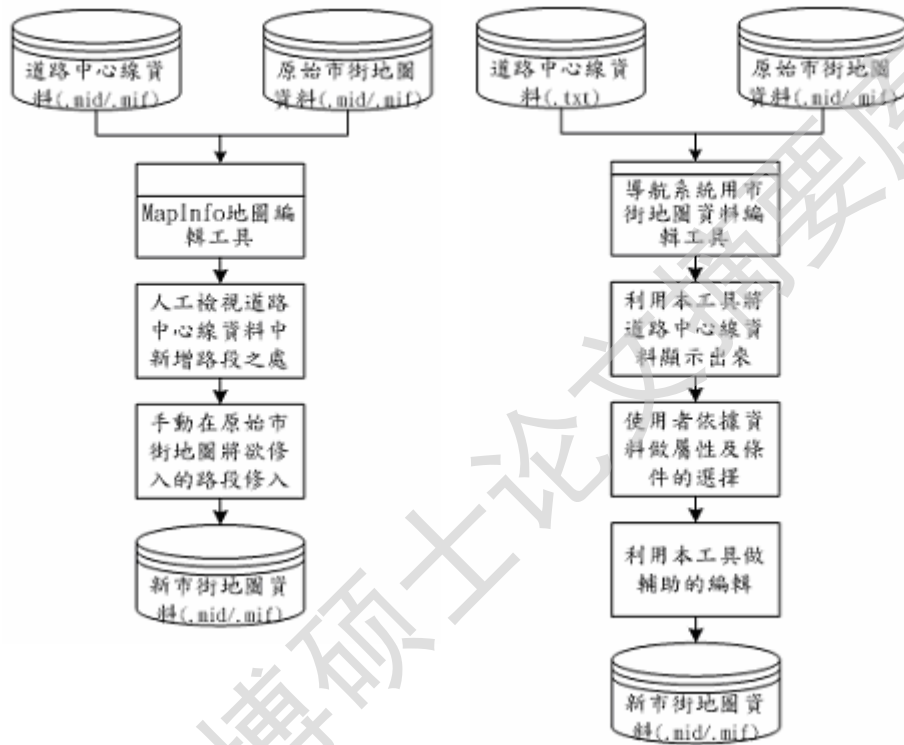


图 1-2 原更新地图方法

图 1-3 系统更新地图方法

为了克服人工方式的缺点，本文提出并实现了可以自动更新地图数据的 GIS 软件系统。它直接加载(.txt)格式的道路中心线数据文件，同时加载相应的(.mid/.mif)格式的地图数据文件。然后利用该系统提供的功能，将道路中心线数据显示出来，并由使用者自行做出属性、条件选取和对该数据进行辅助编辑，最后将路段或区域增修于原地图数据文件中，达到更新地图数据的最终目的，如图 1-3。

因此本系统不是一个通用的 GIS 软件系统，而是利用现有数据资料，结

合应用中的具体特点，为特定用户定制的具有特定功能的 GIS 软件系统。

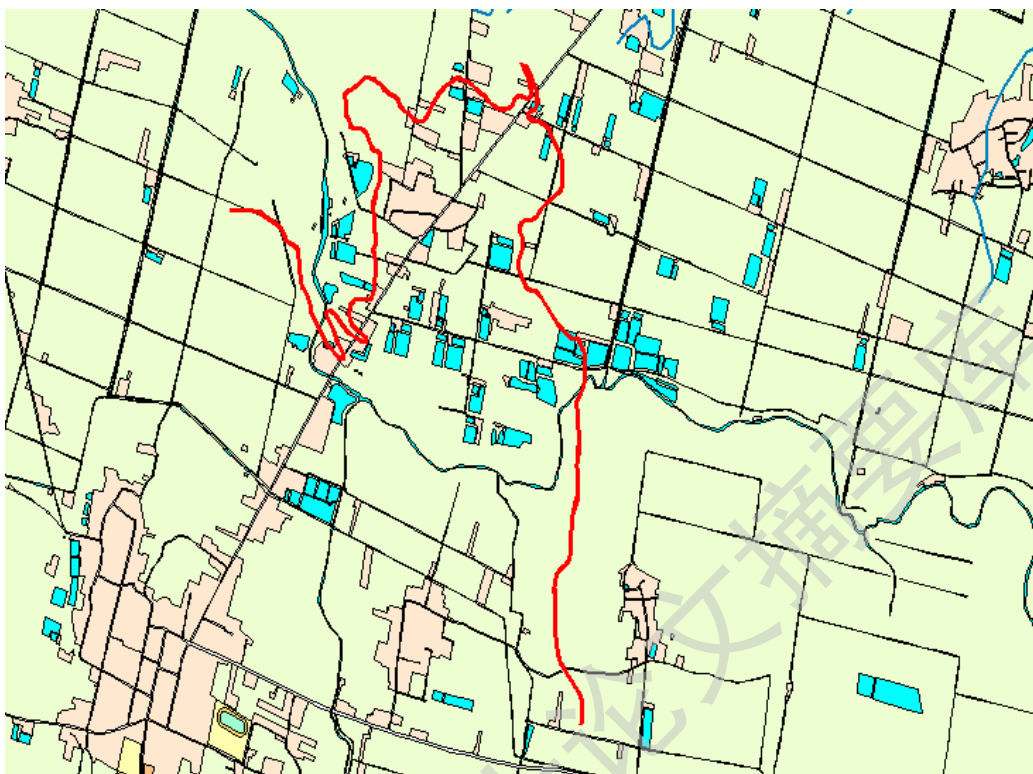


图 1-4 新增道路中心线示例

由于在 MapInfo 系统中，区域图元的描述和智力拼图类似，即：在同一图层上的所有的区域均不能出现重叠的现象。因此新增一条道路或一个区域时，必须先在对应的图层中为新增道路区域或新增其他区域预留出相应位置（即在相应的图层上挖出孔洞），然后才能将新增区域添加到该图层中去。在本文中，区域图元是最复杂的地图图元对象，它由一个多边形的集合构成，该多边形集合可包含有任意个孤立的多边形边界区域，并且每一个多边形边界区域可以含有任意个孔洞；同时一条新增道路或区域可能跨越很多的区域图元，情况很复杂。例如，在图 1-4 所示中，红色区域就是需要新增到地图中的道路图元。要在图层中“挖”出和红色区域一模一样的孔洞，很显然，需要用新增的道路图元和许多个与它相交的原有图元进行裁剪，裁剪掉原有

图元中与新增道路图元重叠的部分。因此，本系统要解决的核心问题实际上就是多边形的裁剪问题，即就是如何快速、有效地在图层中裁剪出形状如新增道路图元的孔洞。

1.4 论文的结构安排

本篇论文章节做如下安排：

第 2 章：介绍了 MapInfo 软件系统及其技术特点，着重介绍了 MIF/MID 文件结构。

第 3 章：介绍 GIS 软件系统的整体设计与实现，系统整体设计主要从功能设计、数据结构设计和应用设计三个方面来论述。

第 4 章：介绍在系统实现过程中用到的主要算法，即多边形裁剪算法以及对该算法的改进。

第 5 章：提出了系统实现过程中的其他一些相关的快速算法。

第 6 章：本文的结尾部分，结束语。

第2章 GIS 软件系统 MapInfo 概述

MapInfo 是 windows 环境下的桌面地图信息系统之一,Map 是图形平台,Info 则是 Information,为属性数据库,且二者实现了无缝连接^[10]。

2.1 MapInfo 简介

MapInfo Professional 是一个处于世界领先地位、功能强大、全面而直观的桌面地图信息系统,为在 Client/Server(客户/服务器)计算环境下解决问题提供了一种全新方法。

MapInfo 软件作为一个地图与信息数据完善结合的软件系统,不仅能将所需要的信息资料更形象、直观地与地图紧密地结合起来,把各种数据在地图上标示出来,其内含的地理信息可以使人们一目了然;而且还能提供一些常用的分析、查询功能并将结果以多种主题图、直观图或表格的方式显示出来。同时还可与一些常用数据库接口,直接或间接地读取现有数据库中的数据资料。更值得一提的是它还提供了功能强大的开发工具 MapBasic,可以完成用户在图形、界面、查询、分析等方面的各种要求。这无疑将对人们的日常管理、决策提供依据。它可以广泛地应用于金融保险、市场营销、城市规划、环保卫生、市政管理、公安交通、邮电通讯、石油地质、土地资源管理、人口管理等应用领域。

2.2 MapInfo 技术特点

MapInfo 是目前应用比较广泛、功能比较齐全的 GIS 桌面应用系统,它主要有以下技术特点:

- (1) 强大的地图输入、处理能力;
- (2) 强大的关系型数据库功能;
- (3) 灵活的数据查询分析功能;

- (4) 多样化的数据表达能力;
- (5) 功能齐全的系统开发工具;
- (6) 精美的地图输出功能;
- (7) 支持多种硬件操作平台;
- (8) 高精度的地图数据产品。

2.3 地图图层

MapInfo 是以表的形式来组织信息的，而用户与 MapInfo 交互时直观面对的是一幅或多幅计算机地图。表与地图之间是如何建立联系的呢？这就需要介绍另一个重要的概念——地图图层。

在 MapInfo 中，图层是计算机地图的构筑块，计算机地图实际是多个图层的集合。我们可以把计算机地图看成是由层层叠加的透明层组成的，而该透明层就称为图层，每个图层包含了整个地图的某一个方面。

图层来自于含有图形对象的数据库表，每个含有图形对象的数据库表都可显示为一个图层。例如，假设我们有一个图层包含中国各省边界，一个图层包含中国各个主要城市，另一个图层由标注文本组成，这样我们把三个图层叠加在一起就形成了一幅完整的中国主要城市地图。用户一旦创建了地图图层，就可以把图层自定义成多种形式，如选择适当的图层组成所需的地图，使用图层对话框对图层进行增加、删除或重新排序等操作。

地图数据分图层存储，本文中涉及的、由台湾松下定义的各图层信息如表 2-1：

表 2-1 台湾松下地图图层信息

编号	图层别	定义信息	对象种类
1	_ <s>_mesh_num>fc2</s>	设施点名	(point)
2	_ <s>_mesh_num>fm2</s>	设施点	(point)
3	_ <s>_mesh_num>rn2</s>	街路区段名	(point)

表 2-1 台湾松下地图图层信息

编号	图层别	定义信息	对象种类
4	l<s_mesh_num>	行政界	(line, pline)
5	a<s_mesh_num>	捷运	(pline)
6	i<s_mesh_num>	铁路	(line, pline)
7	e<s_mesh_num>	立体	(line, pline)
8	h<s_mesh_num>	高速高架	(Region)
9	x<s_mesh_num>	各种设施	(Region)
10	p<s_mesh_num>	基本图层	(Region)

2.4 mif/mid 的文件结构^[11]

一般使用的地图数据是 MapInfo 的地图数据，MapInfo 的地图数据有四种：

- 1) .TAB 文件，定义 MapInfo 地图属性数据库的结构
- 2) .DAT，存放 MapInfo 地图属性数据
- 3) .MAP，存放 MapInfo 地图数据
- 4) .ID，地图索引文件

其中 DAT 文件和 MAP 文件都是二进制格式文件，不便于读取。利用 MapInfo 强大的数据交换功能可以将地图文件转换成 MIF 文件，地图属性文件转换成 MID 文件，这两种文件都是 ASCII 文件，便于编辑、自动生成和数据交换。本系统使用的正是这两种格式的文件。

MapInfo Professional Interchange Format (MIF) 是一种能完整描述 MapInfo Professional 数据库的 ASCII 文件格式。图形和表格数据都被转入到 MIF 文件中。图形数据放在扩展名为 “.mif” 的文件中，表格数据放在扩展名为 “.mid” 的文件中。

2.4.1 MIF 文件头

文件头分别定义了 MIF 文件的版本号 (Version)、字符集 (Charset)、

分隔符 (Delimiter)、坐标系 (Coordsys)、边界 (Bounds)、数据列 (Columns) 及其数据属性等, 其中 Data 说明语句表明在其后部的所有数据均是距土的地图图元描述数据。

具体的文件头格式如下 (方括号中的内容是可选项):

```
Version n
Charset "characterSetName"
[ DELIMITER "<c>" ]
[ UNIQUE n,n.. ]
[INDEX n,n.. ]
[COORDSYS ... ]
[ TRANSFORM... ]
COLUMNS n
    <name> <type>
    <name> <type>
    ...
DATA
```

2.4.2 MIF 图元数据

MIF 图元数据描述位于文件头中 DATA 说明语句之后。

在这一部分可以包含任意多个图形对象, 在 MapInfo 中将自动匹配 MIF 文件和 MID 文件, MID 文件中的第一行属性数据将对应着 MIF 文件中的第一个图元; MID 文件中第二行属性数据对应着 MIF 文件中的第二个图元; 依次类推。当没有图元与 MID 文件中的某一行对应时, MIF 文件中必须有一个空图元 (blank object), 即在 MIF 文件中对应的图元位置写上:

NONE

MapInfo 定义了多种图元: 点 (point)、直线 (line)、折线 (pline)、区域 (region)、弧 (arc)、文本 (text)、矩形 (rectangle)、圆角矩形 (rounded

rectangle) 和椭圆 (ellipse)。每个图元还可能含有 Pen, Brush, Symbol 和 Font Codes 等图元描述数据。

本系统中用得最多也是最复杂的图元就是区域 (region) 了。地图中的诸如建筑物、绿化区、江河湖海、道路等绝大部分具有面积的图元都是用 Region 来表示的。其形式描述如下：

```
REGION    numpolygons
          numpts1
            x1 y1
            x2 y2
            :
          [ numpts2
            x1 y1
            x2 y2    ]
            :
          [ PEN ( width, pattern, color ) ]
          [ BRUSH ( pattern, forecolor, backcolor ) ]
          [ CENTER x y ]
```

一个区域 (region) 图元对象可以包含一个或多个多边形 (polygon)。通过紧跟在关键字 REGION 后的一个参数 numpolygons 来指定所包含的多边形的个数。对于每一个多边形 (polygon)，通过一个参数 numpts 来指定多边形中的顶点的个数，接下来就是对每个顶点的坐标描述。最后还可能含有 Pen 和 Brush 等对该区域图元的描述数据。

对于其他图元的描述形式以及 Pen 和 Brush 的定义方法在此就不详细讨论了，具体可查阅参考文献[11]：MapInfo MIF/MID file format description。

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库